

(12)特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局



(43) 国際公開日
2003年4月10日 (10.04.2003)

PCT

(10) 国際公開番号
WO 03/029854 A1

(51) 国際特許分類:

G02B 6/16, 6/00

(72) 発明者; および

(21) 国際出願番号:

PCT/JP02/09970

(75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 川西 悟基 (KAWANISHI,Satoki) [JP/JP]; 〒236-0032 神奈川県横浜市金沢区 六浦町968-12-2-307 Kanagawa (JP). 鈴木 和宣 (SUZUKI,Kazunori) [JP/JP]; 〒238-0026 神奈川県横須賀市 小矢部3-21-10-310 Kanagawa (JP). 久保田 寛和 (KUBOTA,Hirokazu) [JP/JP]; 〒236-0031 神奈川県横浜市金沢区 六浦4-14-13-2C Kanagawa (JP). 田中 正俊 (TANAKA,Masatoshi) [JP/JP]; 〒664-0027 兵庫県伊丹市 池尻4丁目3番地 三菱電線工業株式会社 伊丹製作所内 Hyogo (JP). 藤田 盛行 (FUJITA,Moriyuki) [JP/JP]; 〒664-0027 兵庫県伊丹市 池尻4丁目3番地 三菱電線工業株式会社 伊丹製作所内 Hyogo (JP).

(22) 国際出願日: 2002年9月26日 (26.09.2002)

(25) 国際出願の言語:

日本語

(26) 国際公開の言語:

日本語

(30) 優先権データ:

特願2001-297979 2001年9月27日 (27.09.2001) JP

(74) 代理人: 谷 義一 (TANI,Yoshikazu); 〒107-0052 東京都港区赤坂2丁目6-2 O Tokyo (JP).

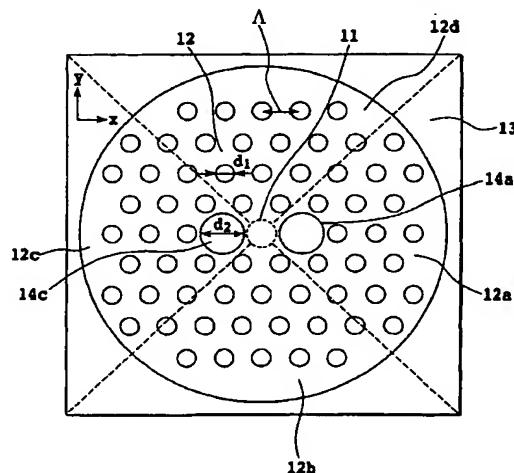
(71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 日本電信電話株式会社 (NIPPON TELEGRAPH AND TELEPHONE CORPORATION) [JP/JP]; 〒100-8116 東京都千代田区 大手町2丁目3番1号 Tokyo (JP). 三菱電線工業株式会社 (MITSUBISHI CABLE INDUSTRIES, LTD.) [JP/JP]; 〒664-0027 兵庫県伊丹市 池尻4丁目3番地 Hyogo (JP).

(81) 指定国 (国内): CA, CN, KR, US.

/統葉有/

(54) Title: POLARIZATION PRESERVING OPTICAL FIBER AND ABSOLUTE SINGLE POLARIZATION OPTICAL FIBER

(54) 発明の名称: 偏波保持光ファイバおよび絶対単一偏波光ファイバ



A1

WO 03/029854

(57) Abstract: A polarization preserving optical fiber and an absolute single polarization optical fiber capable of transmission over a long distance with the polarization condition of a signal light kept preserved. The polarization preserving optical fiber comprises a core unit (11), a photonic crystal structure clad (12) and a jacket unit (13). The photonic crystal structure clad (12) is divided into four divided portions (12a, 12b, 12c, 12d) divided by broken lines extending from the center toward the outer periphery. The diameter (d2) of lattice holes (14a, 14c) in the vicinity of the core unit (11) out of a plurality of lattice holes provided by a pair of divided portions (12a) and (12c) facing each other across the core unit (11) is larger than the diameter (d1) of a lattice holes provided by the other pair of facing divided portions (12b, 12d) and larger than a lattice interval (Λ).

/統葉有/



(84) 指定国(広域): ヨーロッパ特許(AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, SK, TR). 2文字コード及び他の略語については、定期発行される各PCTガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

添付公開書類:
— 国際調査報告書

(57) 要約:

信号光の偏光状態を保持したまま、長距離での伝送が可能な偏波保持光ファイバおよび絶対単一偏波光ファイバを提供する。偏波保持光ファイバは、コア部(11)、フォトニック結晶構造クラッド(12)およびジャケット部(13)から構成されている。フォトニック結晶構造クラッド(12)は、中心から外周へ向かう破線により分割された4つの分割部分(12a, 12b, 12c, 12d)に分割されている。コア部(11)を挟んで対向する一対の分割部分(12a)および(12c)が有する複数の格子孔のうち、コア部(11)近傍の格子孔(14a, 14c)の径(d2)は、対向する他の一対の分割部分(12b, 12d)が有する格子孔の径(d1)よりも大きく、かつ格子間隔(Λ)よりも大きく形成されている。

明細書

偏波保持光ファイバおよび絶対単一偏波光ファイバ

5 技術分野

本発明は伝送媒体および光デバイスに関し、より具体的には、光通信ネットワークおよび光信号処理に用いられ、偏波状態を保持したまま光の伝送ならびに合流および分岐を行う偏波保持光ファイバおよび絶対単一偏波光ファイバに関する。

10

背景技術

偏波保持光ファイバは、単一モード光ファイバ中の応力分布に異方性を持たせることにより、コア内で直交する2方向に偏波したモードの縮退を解いて、両モードの伝搬定数に差を持たせるものである。これにより、2つの偏波モードが15 区別されるため、ある偏波モードに一致した光が光ファイバに入射されると、その偏波モードのみが保持されたまま伝搬する。

この偏波保持光ファイバの代表的なものとしては、PANDA ファイバが知られている。しかし、PANDA ファイバは、製造過程で光ファイバの母材（クラッド）のコア部直近の2箇所に孔をあけ、さらにその孔に応力付与材を押し込んでファイバを生成するという高度な技術を必要とする。特に、母材に応力付与材を押し込む過程が偏波保持光ファイバの生産性を妨げる大きな要因となっている。このような理由から、PANDA ファイバの価格は通常の単一モードファイバの100倍以上にもなっている。また、PANDA ファイバ構造によって生じる直交偏波モードの伝搬定数差はそれほど大きくはなく、両モード間のクロストークを-30 dB以上とするのは困難である。

従って、PANDA ファイバは、信号パルスを長距離にわたって単一偏波を保持し

たまま伝送することが困難であることから、単一偏波の伝送路としては用いられない。このような PANDA ファイバにおける製造の困難性に鑑み、現在、様々な構造のクラッドを有する光ファイバの開発が行われている。

第 1 図は、フォトニック結晶構造による従来の偏波保持光ファイバの構造を示す断面図である。この偏波保持光ファイバは、コア部 4 1、フォトニック結晶構造クラッド 4 2 およびジャケット部 4 3 から構成されている。同図において、フォトニック結晶構造クラッド 4 2 は、中心から外周へ向かう破線により 4 つの分割部分 4 2 a、4 2 b、4 2 c および 4 2 d に分割されている。

この分割部分 4 2 a、4 2 b、4 2 c および 4 2 d において、図中○印で示す格子孔からなる回折格子の格子間隔 Λ は全て同一である。但し、第 1 の対向する分割部分 4 2 a および 4 2 c における各格子孔の径 d_2 は、これに隣接する第 2 の対向する分割部分 4 2 b および 4 2 d における各格子孔の径 d_1 よりも大きい ($d_2 > d_1$)。このような構造とすることで、x 方向と y 方向に伝搬定数差を生じさせ、偏波保持機能が実現できる。

第 2 図は、上述した偏波保持光ファイバの空孔の径の比を変えた場合における、モード複屈折率の変化を計算した図である。なお、この計算の詳細は、「偏波保持機能を有する空孔光ファイバ」（川西、岡本、2000 年電子情報通信学会通信ソサイティ大会 No. B-10-153）に示されている。

モード複屈折率 B は、ファイバ内の直交する 2 つの偏波モード (HE 11 x モードおよび HE 11 y モード) に対応する伝搬定数を β_x 、 β_y としたとき、

$$B = (\beta_x - \beta_y) / k \quad (k \text{ は波数})$$

で表される。ここで、計算には有限要素法を用いた。

同図に示すように、偏波保持特性の指標であるモード複屈折率 B の大きさは、 (d_2 / d_1) が大きいほど大きくなることがわかる。また、 (d_2 / d_1) を 2 以上とすることで、従来の PANDA 型偏波保持光ファイバと同等以上の複屈折性 (PANDA 型で 5×10^{-4} 程度) を実現可能である。なお、 (d_2 / d_1) の値

を大きくする方法としては、径 d_2 を大きくする方法、および径 d_1 を小さくする方法がある。

このような構造の偏波保持光ファイバについては、以下の 2 文献に試作または計算例が開示されている。

5 (1) A. Ortigosa-Blanch, J. C. Knight, W. J. Wadsworth, J. Arriaga, B. J. Mangan, T. A. Birks, P. St. Russell "Highly birefringent photonic crystal fibers" Optics Letters, Vol. 25, pp.1325-1327 (2000)
(2) S.B.Libori, J.Broeng, E.Knudsen, A.Bjarklev, "High-birefringent photonic crystal fiber "OFC 2001, TuM2, Anaheim (2001)

10 上記文献に記載された偏波保持光ファイバの断面構造を、それぞれ第 3 図および第 4 図に示す。このうち、第 3 図は実際に作製されたものの写真を、また第 4 図は計算値に基づいて描かれた構造を示す。

第 3 図および第 4 図に示す例では、回折格子に含まれる全ての格子孔の径 d_2 が、格子間隔 Λ よりも小さい値となっている。また、格子孔の径の大きさは、コアを挟んで対向する分割部分の一方の対と他方の対とで異なっており、これにより偏波保持特性が発現している。

第 3 図および第 4 図に示す偏波保持光ファイバにおいて、波長 1550 nm におけるモード複屈折率 B の大きさ（計算値）は、それぞれ 2.8×10^{-3} および 1.5×10^{-3} である。

20 しかしながら、第 3 図および第 4 図に示すように径 d_1 が格子間隔より小さい場合、この分割部分における光の閉じ込めが弱くなり、光がコア部分から本分割部分にしみ出して、光の強度パターンが変化してしまう。そして、最悪の場合、光強度が主としてコア以外の部分に分布するようになる恐れがある。結果として、ファイバの曲げ損失が生じやすくなり、ファイバとして使用に適さない。このため、現実には径 d_1 を一定の値以下にすることはできない。

また、第 4 図に示す例では、径の大きな格子孔が周囲の回折格子の配列から外

れてコア部分に接近した構造となっている。しかし、現実にはこのような偏波保持光ファイバを作製することは困難である。

このように、従来の偏波保持光ファイバは、信号光の偏光状態の保持、長距離での伝送、および作製の容易性を同時に実現することが困難であるという問題が
5 あつた。

更に、従来の偏波保持光ファイバは、直交する2つの偏波が両方存在することが可能であるが、このファイバ内を光が長距離伝搬すると、偏波保持光ファイバに複屈折が設けられていたとしても、わずかながら直交する偏波にクロストークが生じる。従つて、入射時にファイバの片方の主軸に光が入射しても、出射時には偏波クロストークによって直交成分が発生してしまうという問題があつた。現に、PANDA型ファイバでは、伝搬距離が20km以上になるとこの偏波クロストークが問題になり始める。

従つて、本発明は、信号光の偏光状態を保持したまま、長距離での伝送が可能な偏波保持光ファイバおよび絶対単一偏波光ファイバを提供することを目的とする。

また、本発明は、一方の偏波に対して、これを吸収する構造を設けることによって、ファイバ内に唯一の偏波を伝搬可能とする絶対単一偏波光ファイバを提供することを目的としている。

20 発明の開示

本発明の第1の側面において、本発明に係る偏波保持光ファイバは、コアと、コアの周囲に設けられたクラッドであつて、光をコアに閉じ込めるように所定の間隔をあけて配列した格子孔を有するクラッドとを備えた偏波保持光ファイバであつて、格子孔のうちの、コアを挟んで対向するコア近傍の一対の格子孔の径は、
25 格子孔のうちの他のものの径よりも大きく、かつ所定の格子間隔よりも大きい。

ここで、クラッドは、フォトニック結晶構造クラッドであるものとすることが

できる。

また、一対の格子孔の径と、格子孔のうちの他のものの径との和は、所定の格子間隔の2倍よりも小さいものとすることができます。

これにより、最も効果的にモード複屈折率を大きくすることが可能となる。

5 本発明の第2の側面において、本発明に係る絶対単一偏波光ファイバは、コアと、コアの周囲に設けられたクラッドであって、光をコアに閉じ込めるように所定の間隔をあけて配列した格子孔を有するクラッドとを備えた絶対単一偏波光ファイバであって、格子孔のうちの、コアを挟んで対向するコア近傍の一対の格子孔の径は、格子孔のうちの他のものの径よりも大きく、かつ所定の格子間隔よりも大きく、一対の格子孔の一方または両方の内側に、金属膜層を配している。

本発明の第3の側面において、本発明に係る絶対単一偏波光ファイバは、コアと、コアの周囲に設けられたクラッドであって、光をコアに閉じ込めるように所定の間隔をあけて配列した格子孔を有するクラッドとを備えた絶対単一偏波光ファイバであって、格子孔のうちの、コアを挟んで対向するコア近傍の一対の格子孔の径は、格子孔のうちの他のものの径よりも大きく、かつ所定の格子間隔よりも大きく、一対の格子孔の一方または両方の内側に、屈折率の異なる2種類の媒質が交互に重ねられた多層膜を配している。

ここで、クラッドは、フォトニック結晶構造クラッドであるものとすることができます。

20 また、一対の格子孔の径と、格子孔のうちの他のものの径との和は、所定の格子間隔の2倍よりも小さいものとすることができます。

図面の簡単な説明

第1図は、従来の偏波保持光ファイバの構造を示す断面図である。

25 第2図は、従来の偏波保持光ファイバにおける、空孔の径の比とモード複屈折率Bとの関係を示す図である。

第3図は、文献(1)に記載された偏波保持光ファイバの構造を示す断面図である。

第4図は、文献(2)に記載された偏波保持光ファイバの構造を示す断面図である。

5 第5図は、本発明を適用した偏波保持光ファイバの構造を示す断面図である。

第6図は、本発明を適用した偏波保持光ファイバの構造を示す断面図である。

第7図は、コア近傍の格子孔の径の大きさを変えた場合における、波長に対するモード複屈折率Bの計算結果を示す図である。

第8図は、本発明を適用した偏波保持光ファイバを実際に作製して、モード複10屈折率Bを測定した結果を示す図である。

第9図は、本発明を適用した絶対単一偏波ファイバの断面の一部を示す図である。

発明を実施するための最良の形態

15 本発明をより証紙に説述するために、添付の図面に従ってこれを説明する。

第5図は、本発明を適用した偏波保持光ファイバの構造を示す断面図である。

偏波保持光ファイバは、コア部11、フォトニック結晶構造クラッド12、およびジャケット部13から構成されている。

フォトニック結晶構造クラッド12は、光をコアに閉じ込めるように所定の間隔 Δ をあけて配列した格子孔を有しており、中心から外周へ向かう破線により分割された4つの分割部分12a、12b、12cおよび12dからなる。ここで、コア部11を挟んで対向する一対の分割部分12aおよび12cが有する複数の格子孔のうち、コア部11近傍の格子孔14aおよび14cの径 d_2 は、コア部11を挟んで対向する他の一対の分割部分12bおよび12dが有する格子孔の径 d_1 よりも大きく形成されている。更に、分割部分12aおよび12cが有する格子孔の径 d_2 は、格子間隔 Δ よりも大きく形成されている。

このように、コア部11近傍の格子孔14aおよび14cの直径d2が、格子間隔Λよりも大きく形成されていることにより、x方向およびy方向に関するモード複屈折率Bを増加させることができるとなる。

格子間隔Λよりも大きな直径を有する格子孔14aおよび14cを形成する場合、他の格子孔の直径との関係を決める必要がある。第5図に示す例では、

$$d_1 + d_2 < 2\Lambda$$

の関係が満たされている。この条件を満たすことにより、全体として格子間隔Λを維持することが可能となり、従って格子の配列（中心位置）を変えることなく、コア部に直近の2つの格子孔の直径を格子間隔Λよりも大きくすることができる。

このような偏波保持光ファイバは、例えば"Low-loss, 2-km-long photonic crystal fiber with zero GVD in the near IR suitable for picosecond pulse propagation at the 800 nm band," (H. Kubota, K. Suzuki, S. Kawanishi, M. Nakazawa, M. Tanaka, and M. Fujita, Tech. Digest of Conference on Lasers and Electro-optics (CLEO), CPD3, 2001)に記載されているような、周知のフォトニック結晶構造偏波保持光ファイバの製造方法により製造することができる。

本発明の好ましい実施形態として、第6図に示すように、光伝搬領域3内に周囲よりも高屈折率で横断面が扁平形状であるGeを添加した楕円形のコア2を有するフォトニッククリスタルファイバ1を使用することができ、この形状によつても偏波保持機能を発揮する。しかも、光伝搬領域3とコア2との長軸の方向が一致しているので、光伝搬領域3の保持される偏波面とコア2の保持される偏波面とが一致する。従って、両者の偏波保持機能が重畠され、いずれか一方のみでは得られない大きな偏波保持特性が得られる。

ここで、光伝搬領域3及びコア2の扁平な形状は直交する長軸と短軸とを備えているものであって、長軸の長さは短軸の長さの1.3～5.0倍であると偏波保持特性が大きくなるため好ましい。また、この扁平な形状というのは、細長形状ということもできる。

第7図は、コア直近の格子孔の大きさが異なる偏波保持光ファイバに関する、波長に対するモード複屈折率Bの計算結果を示す図である。同図に示す例では、格子間隔Λを4μmとし、分割部分12bおよび12d内の格子孔の径d1を1.9μmとした。また、径d2を3.6μm、4.0μm、4.4μmおよび4.7μmと変えて計算を行った。この計算結果は、それぞれ図中の曲線201、202、203および204に示されている。分割部分12aおよび12cにおけるコア近傍の格子孔の径d2が大きくなるほど、モード複屈折率Bが大きくなることがわかる。

第8図は、本発明を適用した偏波保持光ファイバの、波長に対するモード複屈折率Bの実測値を示すグラフである。本図に示す例ではサンプルファイバとして、格子間隔Λが4μm、分割部分12bおよび12d内の格子孔の径d1が1.9μm、分割部分12aおよび12cにおけるコア近傍の格子孔の径d2が4.7μmの偏波保持光ファイバを用いて測定を行った。

第7図および第8図の比較から明らかなように、実験結果は計算値と良く一致している。また、波長1550nmにおけるモード複屈折率Bは

1.4×10⁻³であり、従来技術よりも大きな値が得られていることがわかる。

以上、本発明の実施の形態について説明したが、本発明は上述の実施形態に限定されず、他の種々の形態でも実施できることはいうまでもない。

例えば、第5図に示す格子孔の分割部分12aおよび12cにおけるコア11近傍の格子孔14aおよび14cの一方または両方の内側に、アルミニウムや金などの金属を配してもよい。格子孔14aおよび14cに金属を付着することにより、金属面に垂直な電界成分を持つ偏波が吸収され、金属面に水平な電界成分を持つ偏波のみが光ファイバを伝搬する。

また、第9図に示すように、コア11近傍の格子孔14aおよび14cの内側に、屈折率が互いに異なる2種類の媒質801および802を交互に重ねた多層膜を付着してもよい。このような構造にすると、多層膜に入射する光の反射率、

透過率が入射光の偏光方向によって異なるため、片方の偏波のみの吸収損失を増加させることができるとなる。従って、一方の偏波のみが本発明にかかる光ファイバを伝搬する。

なお、第9図は格子孔14aおよび14cの両方の内側に多層膜を配した例を5示しているが、格子孔14aおよび14cのいずれか一方の内側に多層膜を配することとしてもよい。

これらの場合、本発明にかかる光ファイバは、1つの偏波のみが伝搬可能な絶対単一偏波ファイバとなる。

10 産業上の利用可能性

以上説明したように、本発明によれば、コア近傍のフォトニック結晶構造に極めて大きなモード複屈折率を与えることとしたので、偏波クロストークの抑圧などが可能となることから、信号光の安定化が図れる。結果として、信号光の偏光状態を保持したまま、従来の偏波保持光ファイバよりも長距離伝送することができる。

15 能となる。

また、所定間隔の回折格子を有するフォトニック結晶構造クラッドを採用したので、モード複屈折率が大きな光ファイバを極めて容易に製造できる。

更に、本発明により、一方の偏波に対してこれを吸収する構造を設けることによって、光ファイバ内に唯一の偏波成分のみを長距離にわたり伝搬させることが可能となる。

請求の範囲

1. コアと、該コアの周囲に設けられたクラッドであって、光を前記コアに閉じ込めるように所定の間隔をあけて配列した格子孔を有するクラッドとを備えた偏波保持光ファイバであって、
5 前記格子孔のうちの、前記コアを挟んで対向する前記コア近傍の一対の格子孔の径は、前記格子孔のうちの他のものの径よりも大きく、かつ前記所定の格子間隔よりも大きいことを特徴とする偏波保持光ファイバ。

2. 前記クラッドは、フォトニック結晶構造クラッドであることを特徴とする請求項 1 に記載の偏波保持光ファイバ。
10

3. 前記一対の格子孔の径と、前記格子孔のうちの他のものの径との和は、前記所定の格子間隔の 2 倍よりも小さいことを特徴とする請求項 1 に記載の偏波保持光ファイバ。

4. コアと、該コアの周囲に設けられたクラッドであって、光を前記コアに閉じ込めるように所定の間隔をあけて配列した格子孔を有するクラッドとを備えた絶対単一偏波光ファイバであって、
15 前記格子孔のうちの、前記コアを挟んで対向する前記コア近傍の一対の格子孔の径は、前記格子孔のうちの他のものの径よりも大きく、かつ前記所定の格子間隔よりも大きく、前記一対の格子孔の一方または両方の内側に、金属膜層を配していることを特徴とする絶対単一偏波光ファイバ。
20

5. 前記クラッドは、フォトニック結晶構造クラッドであることを特徴とする請求項 4 に記載の絶対単一偏波光ファイバ。

6. 前記一対の格子孔の径と、前記格子孔のうちの他のものの径との和は、前記所定の格子間隔の 2 倍よりも小さいことを特徴とする請求項 4 に記載の絶対単一偏波光ファイバ。
25

7. コアと、該コアの周囲に設けられたクラッドであって、光を前記コアに閉じ

込めるように所定の間隔をあけて配列した格子孔を有するクラッドとを備えた絶対単一偏波光ファイバであって、

前記格子孔のうちの、前記コアを挟んで対向する前記コア近傍の一対の格子孔の径は、前記格子孔のうちの他のものの径よりも大きく、かつ前記所定の格子間

5 隔よりも大きく、前記一対の格子孔の一方または両方の内側に、屈折率の異なる2種類の媒質が交互に重ねられた多層膜を配していることを特徴とする絶対単一偏波光ファイバ。

8. 前記クラッドは、フォトニック結晶構造クラッドであることを特徴とする請求項7に記載の絶対単一偏波光ファイバ。

10 9. 前記一対の格子孔の径と、前記格子孔のうちの他のものの径との和は、前記所定の格子間隔の2倍よりも小さいことを特徴とする請求項7に記載の絶対単一偏波光ファイバ。

1/9

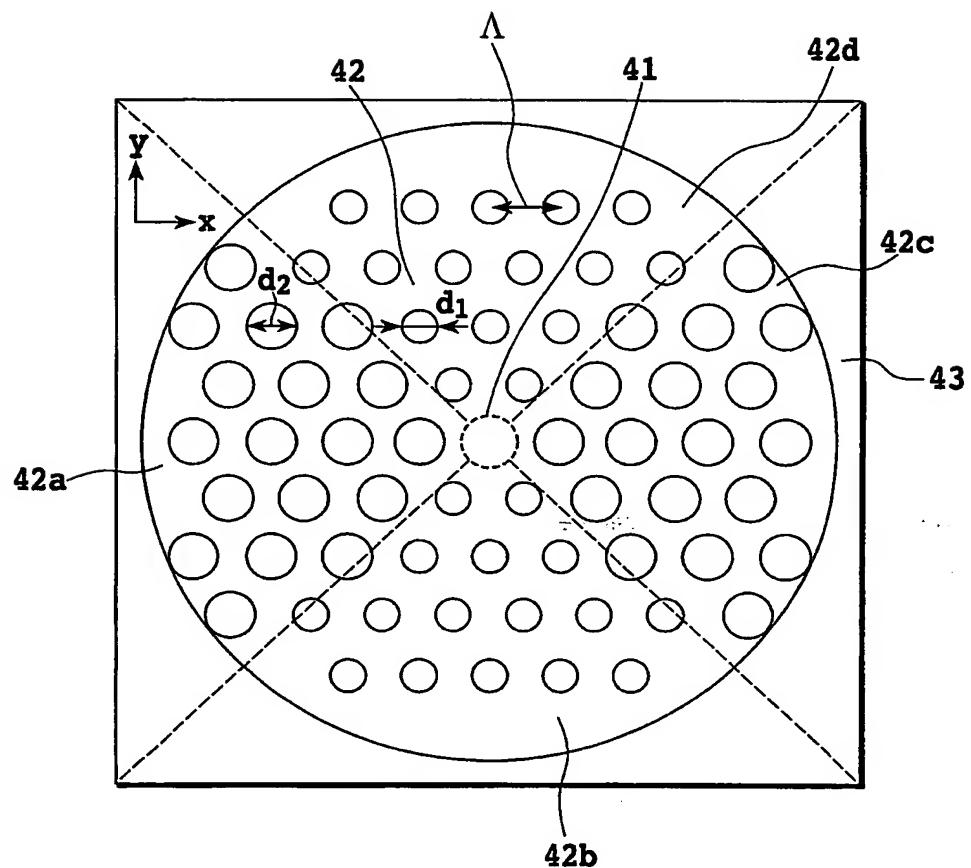


FIG.1

2/9

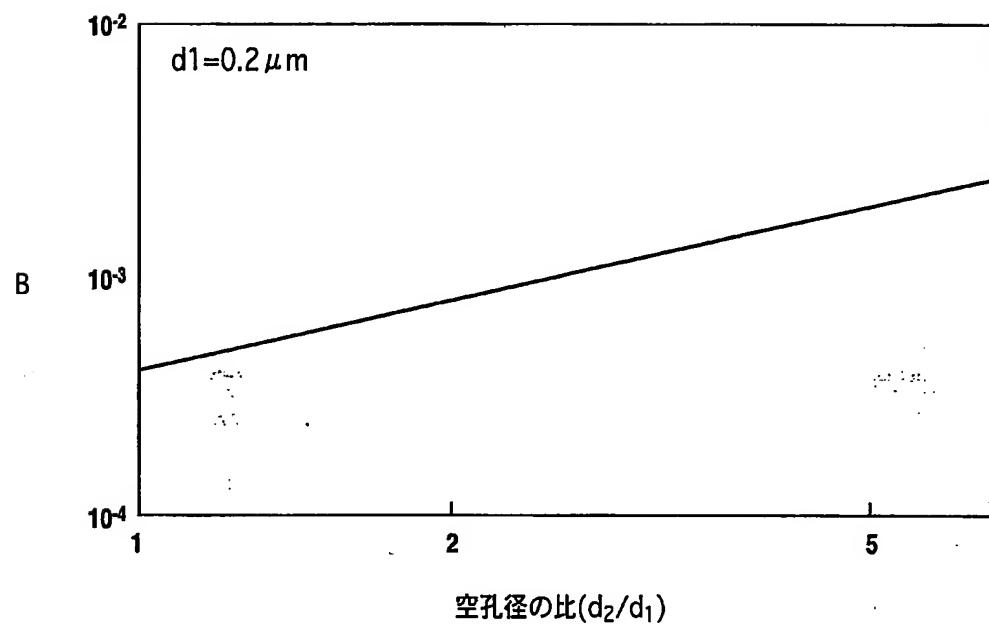


FIG.2

3/9

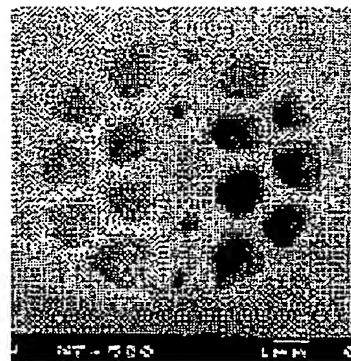


FIG.3

4/9

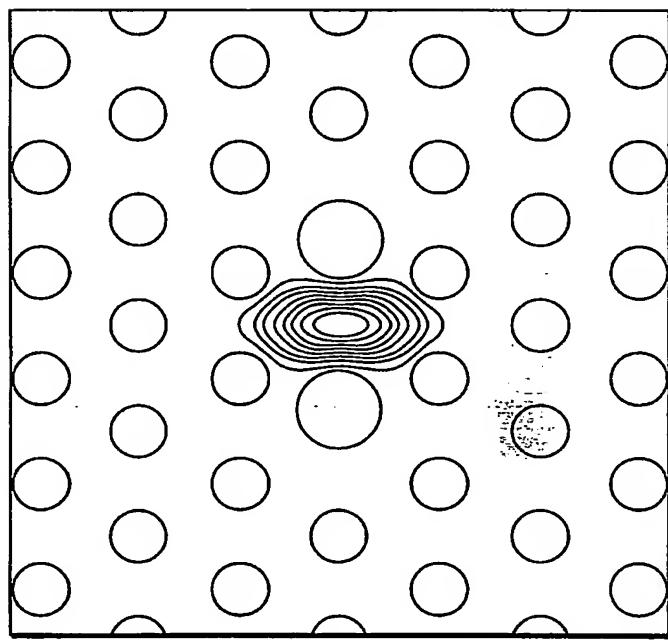


FIG.4

5/9

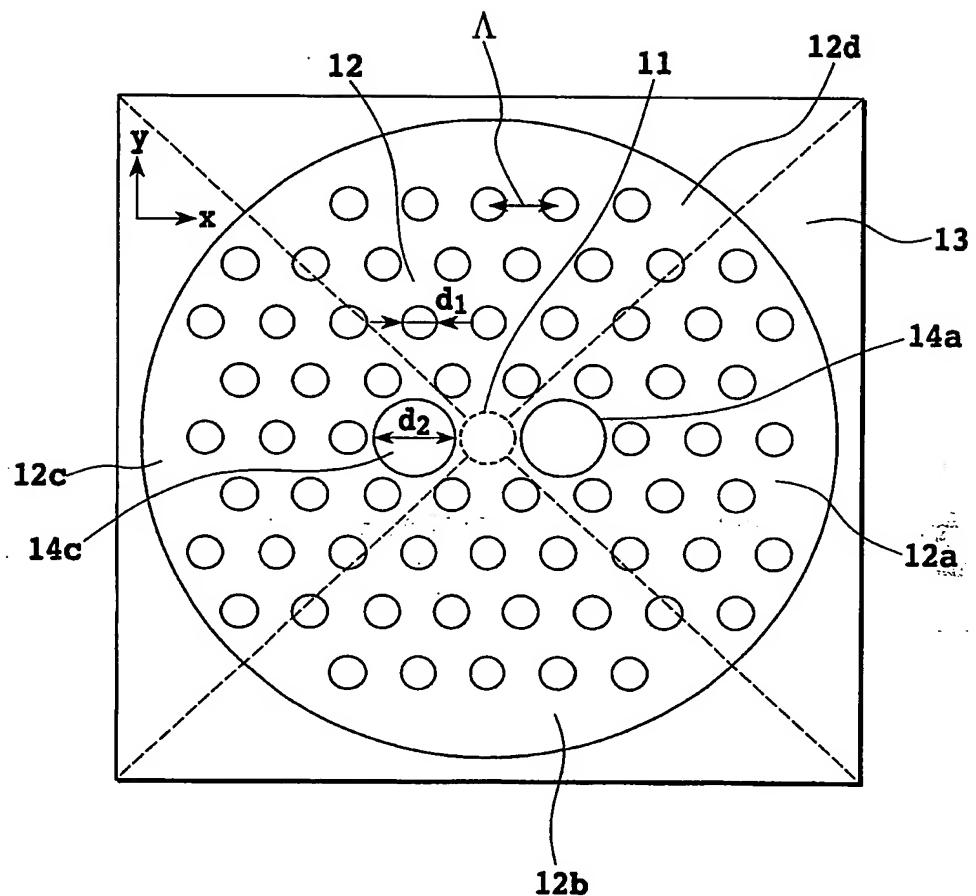
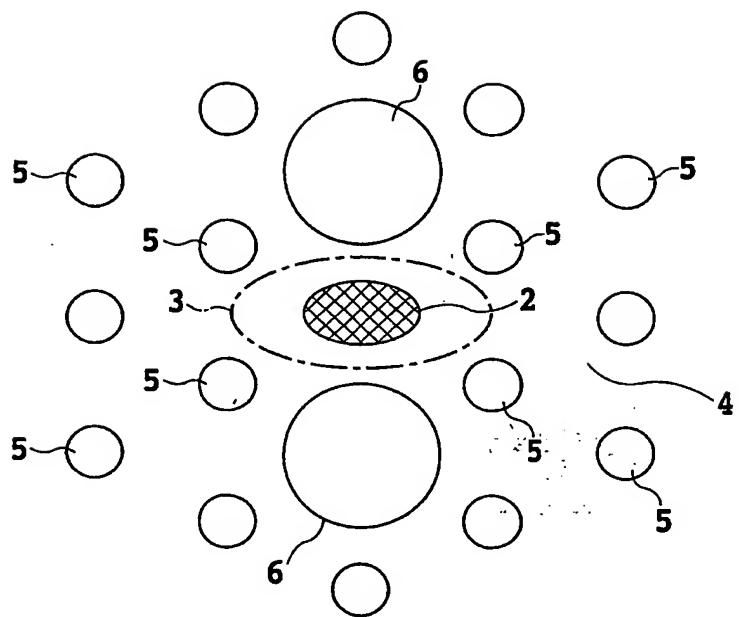


FIG.5

6/91**FIG.6**

7/9

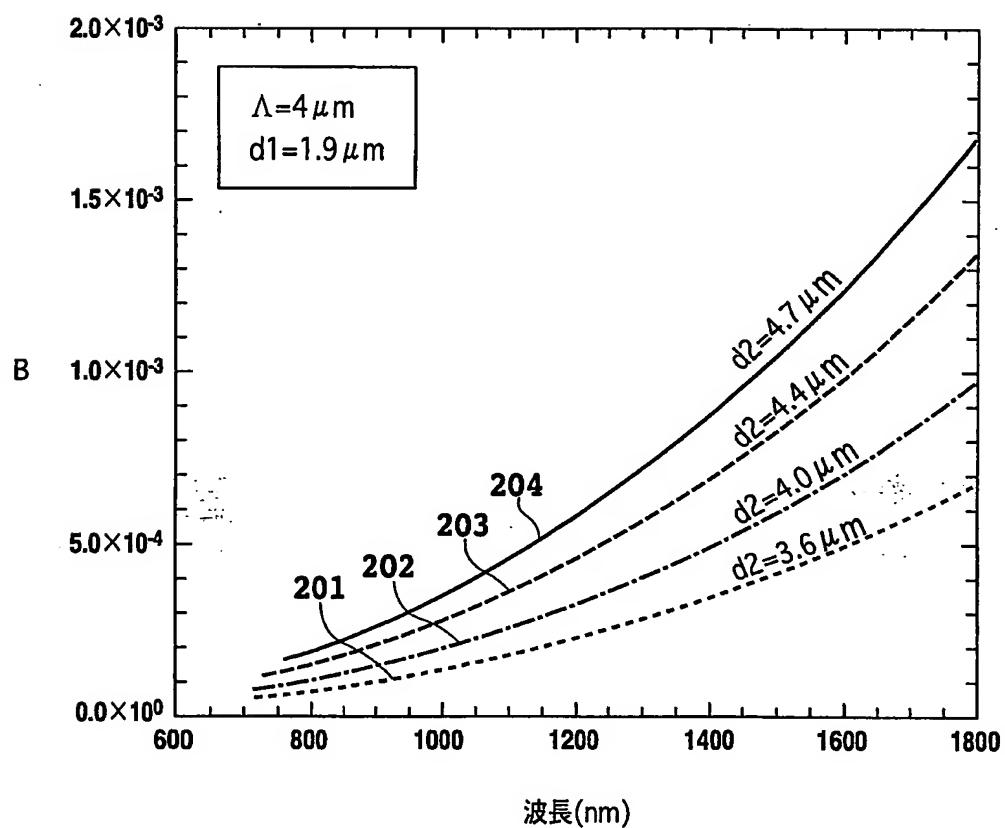


FIG.7

8/9

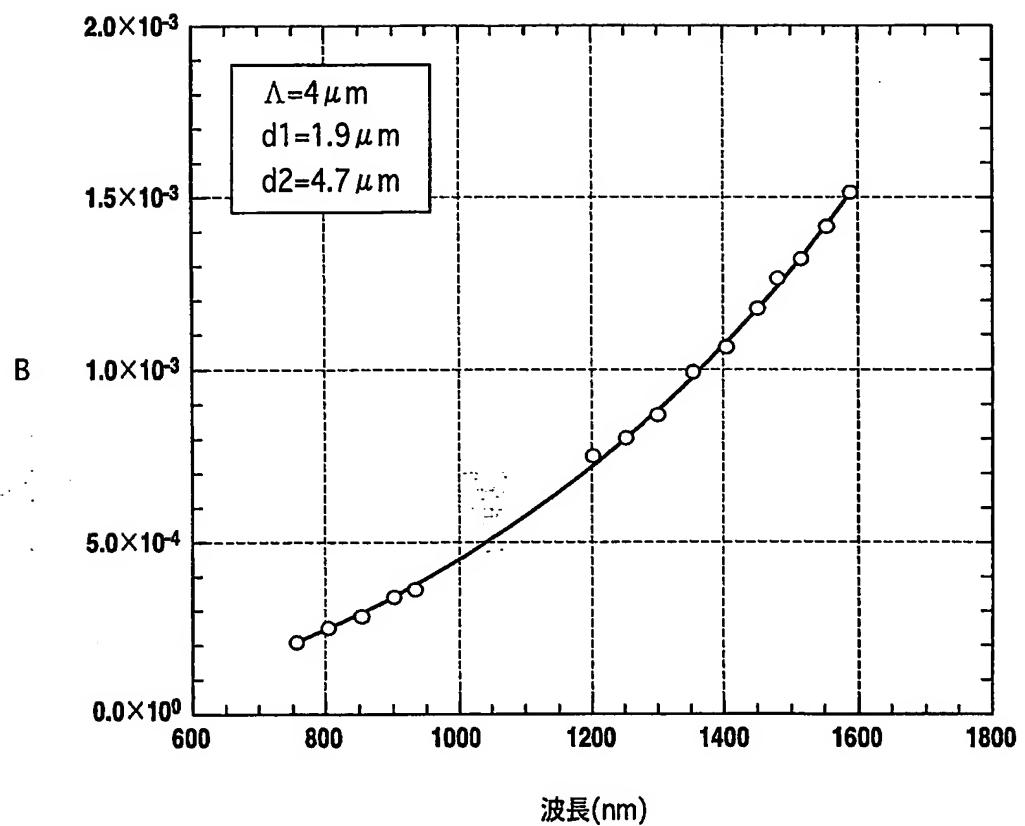


FIG.8

9/9

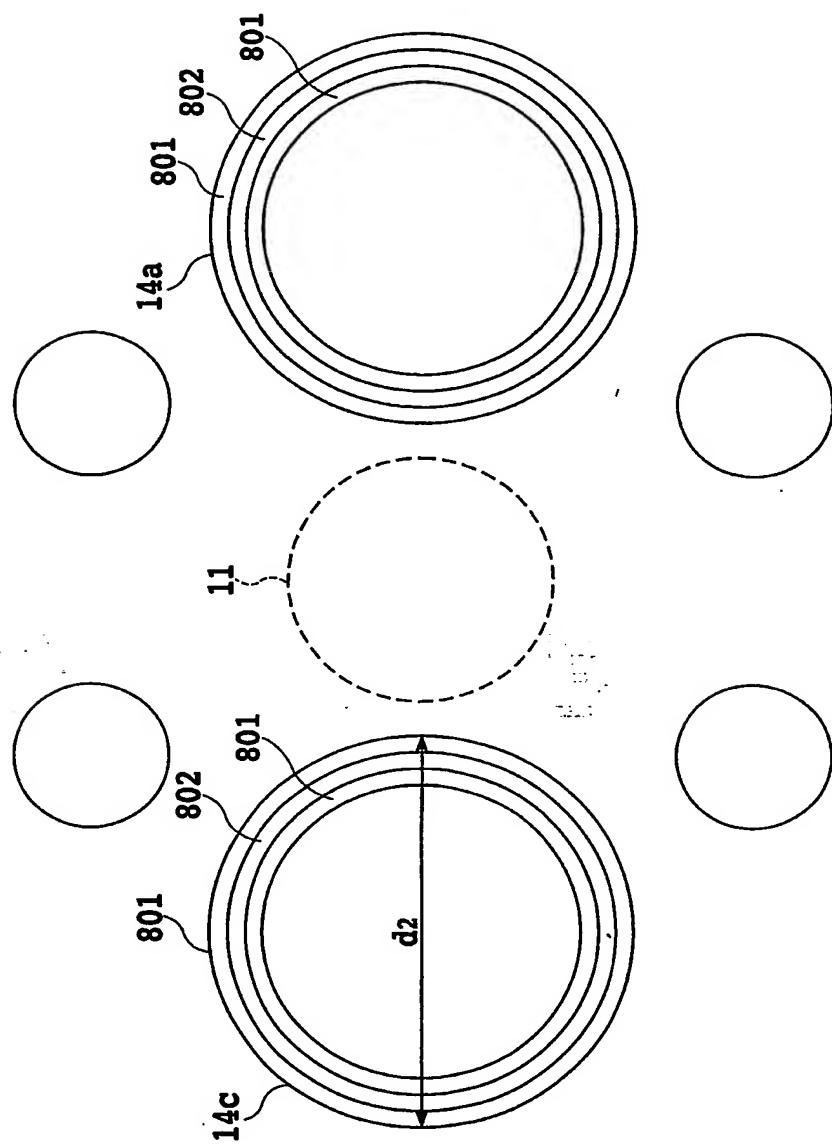


FIG.9

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP02/09970

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
Int.C1⁷ G02B6/16, G02B6/00

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
Int.C1⁷ G02B6/00-6/54

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched
Jitsuyo Shinan Koho 1922-1996 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2002
Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2002 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2002

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)
WPI, JICST, IEEE/IEE Electronic Library

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	WO 00/49436 A1 (THE UNIVERSITY OF BATH), 24 August, 2000 (24.08.00), Full text; all drawings & GB 9903918 A & GB 9903923 A & WO 00/49435 A1 & AU 2565000 A & AU 2564900 A & EP 1153324 A & EP 1153325 A & CN 1341219 T & CN 1341221 T & JP 2002-537575 A	1-10
P, A	US 2001/26667 A1 (Satoki Kawanishi), 04 October, 2001 (04.10.01), Full text; all drawings & JP 2001-318260 A	1-10

Further documents are listed in the continuation of Box C.

See patent family annex.

"A"	Special categories of cited documents: document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"T"	later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"B"	earlier document but published on or after the international filing date	"X"	document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"L"	document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)	"Y"	document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"O"	document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means	"&"	document member of the same patent family
"P"	document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed		

Date of the actual completion of the international search 25 December, 2002 (25.12.02)	Date of mailing of the international search report 21 January, 2003 (21.01.03)
Name and mailing address of the ISA/ Japanese Patent Office	Authorized officer
Facsimile No.	Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP02/09970

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	LIBORI, Stig Barkou et al., "High-birefringent photonic crystal fiber", In: Optical Fiber Communication Conference and Exhibit, 2001.OFC2001, 03/17/2001-03/22/2001, Vol.2, TuM2-T1-3	1-9
A	Norimoto KAWANISHI et al., "Henpa Hoji Kino o Yusuru Kuko Hikari Fiber", 2002 Nen The Institute of Electronics, Information and Communication Engineers Society Taikai Koen Ronbunshu 2, Society B2, The Institute of Electronics, Information and Communication Engineers, 07 September, 2000 (07. 09. 00), page 376(B-10-153)	1-9
P,X P,Y	SUZUKI, K. et al., "High-speed bi-directional polarisation division multiplexed optical transmission in ultra low-loss(1.3dB/km) polarisation-maintaining photonic crystal fibre", In: Electronics Letters, 08 November, 2001 (08.11. 01), Vol.37, No.23, pages 1399 to 1401	1-3 4-9

国際調査報告

国際出願番号 PCT/JP02/09970

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int. CI⁷ GO2B 6/16, GO2B 6/00

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int. CI⁷ GO2B 6/00 - 6/54

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報 1922-1996年
 日本国公開実用新案公報 1971-2002年
 日本国登録実用新案公報 1994-2002年
 日本国実用新案登録公報 1996-2002年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

WPI, JICST, IEEE/IEE Electronic Library

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
A	WO 00/49436 A1 (THE UNIVERSITY OF BATH) 2000.8.24, 全文, 全図 & GB 9903918 A & GB 9903923 A & WO 00/49435 A1 & AU 2565000 A & AU 2564900 A & EP 1153324 A & EP 1153325 A & CN 1341219 T & CN 1341221 T & JP 2002-537575 A	1-10

 C欄の続きにも文献が列挙されている。 パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
 「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
 「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)
 「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
 「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
 「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
 「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
 「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

25.12.02

国際調査報告の発送日

21.01.03

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/JP)

郵便番号 100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

笠野 秀生



2K 9519

電話番号 03-3581-1101 内線 3253

C(続き) . 関連すると認められる文献		関連する 請求の範囲の番号
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	
PA	US 2001/26667 A1 (Satoki Kawanishi) 2001.10.04, 全文, 全図 & JP 2001-318260 A	1-10
A	LIBORI, Stig Barkou et al, 'High-birefringent photonic crystal fiber' In: Optical Fiber Communication Conference and Exhibit, 2001.OFC 2001, 03/17/2001-03/22/2001, Vol. 2, TuM2-T1-3	1-9
A	川西 悟基(外1名), 偏波保持機能を有する空孔光ファイバ、2002年電子情報通信学会ソサイエティ大会講演論文集2, ソサイエティB2, 社団法人 電子情報通信学会, 2000年9月7日, p. 376 (B-10-153)	1-9
PX PY	SUZUKI, K. et al, 'High-speed bidirectional polarisation division multiplexed optical transmission in ultra low-loss (1.3dB/km) polarisation-maintaining photonic crystal fibre' In: Electronics Letters, 2001.11.8, Vol. 37, No. 23, p. 1399-1401	1-3 4-9